

PATENT

JC978 U.S. PTO
09/873416



IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE *Slam*

In re application of

Hidehiko KARASAKI et al.

Serial No.: New Application

Filed: June 5, 2001

For: LASER DEVICE AND METHOD OF CONTROLLING Q-SWITCHED FREQUENCY
CONVERTED LASER, PROCESS AND SYSTEM USING LASER DEVICE

CLAIM FOR PRIORITY

Commissioner for Patents
Washington, D.C. 20231

Sir:

The benefit of the filing date of the following prior foreign application filed in the following country is hereby requested for the above-identified application and the priority provided in 35 U.S.C. 119 is hereby claimed:

Japanese Patent Appln. No. 2000-168538 filed June 6, 2000.

In support of this claim, a certified copy of said original foreign application is filed herewith.

It is requested that the file of this application be marked to indicate that the requirements of 35 U.S.C. 119 have been fulfilled and that the USPTO kindly acknowledge receipt of this document.

Respectfully submitted,

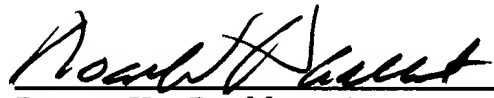
PARKHURST & WENDEL, L.L.P.

June 5, 2001
Date

RWP/jck

Attorney Docket No. MEIC:107

PARKHURST & WENDEL, L.L.P.
1421 Prince Street, Suite 210
Alexandria, Virginia 22314-2805
Telephone: (703) 739-0220


Roger W. Parkhurst
Registration No. 25,177

(rev. 04/01)

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE



別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日

Date of Application: 2000年 6月 6日

出 願 番 号

Application Number: 特願2000-168538

出 願 人

Applicant(s): 松下電器産業株式会社

2001年 5月11日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

及川耕造



出証番号 出証特2001-3039089

特 2000-168538

【書類名】 特許願

【整理番号】 2015610061

【提出日】 平成12年 6月 6日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 B23K 26/00

【発明者】

 【住所又は居所】 大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器産業株式会社内

 【氏名】 唐▲崎▼ 秀彦

【発明者】

 【住所又は居所】 大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器産業株式会社内

 【氏名】 浮田 克一

【特許出願人】

 【識別番号】 000005821

 【氏名又は名称】 松下電器産業株式会社

【代理人】

 【識別番号】 100097445

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 岩橋 文雄

【選任した代理人】

 【識別番号】 100103355

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 坂口 智康

【選任した代理人】

 【識別番号】 100109667

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 内藤 浩樹

特2000-168538

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 011305

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9809938

【書類名】 明細書

【発明の名称】 レーザ装置とその制御方法およびそれを用いたレーザ加工方法
とレーザ加工機

【特許請求の範囲】

【請求項1】 出力鏡と、光反射ミラーと、前記出力鏡と光反射ミラーの間に配置したゲイン媒質と、Qスイッチと、非線形光学結晶を有し、励起光を連続的にゲイン媒質に照射して、Qスイッチによりパルスレーザを得て、このパルスレーザを非線形光学結晶に入力することにより高調波レーザ光を得るレーザ装置において、Qスイッチを高調波レーザの休止期間には連続発振モードに設定し、高調波パルス発生前に所定の時間だけ休止期間を設けることを特徴とするレーザ装置。

【請求項2】 エキストラキャビティ方式の高調波発生部およびレーザ共振器を用いる請求項1記載のレーザ装置。

【請求項3】 イントラキャビティ方式の高調波発生部およびレーザ共振器を用い、かつレーザ光出力部に光学変調器を設けた請求項1記載のレーザ装置。

【請求項4】 レーザ光出力部に設置された光学変調器において、高調波パルスのみを切り出す変調制御機構を設けたことを特徴とする請求項3記載のレーザ装置。

【請求項5】 パルス発生前のQスイッチの休止期間が、設定されたパルスストレインのパルス繰り返し時間にはほぼ一致させた請求項1記載のレーザ装置。

【請求項6】 非線形光学結晶の後に発生した高調波レーザとIR（基本波）レーザを波長の分離手段を用いて分離して出力する請求項1記載のレーザ装置。

【請求項7】 出力鏡と、光反射ミラーと、前記出力鏡と光反射ミラーの間に配置したゲイン媒質と、Qスイッチと、非線形光学結晶を有し、励起光を連続的にゲイン媒質に照射して、Qスイッチによりパルスレーザを得て、このパルスレーザを非線形光学結晶に入力することにより高調波レーザ光を得るレーザ装置において、Qスイッチを高調波レーザの休止期間には連続発振モードに設定し、高調波パルス発生前に所定の時間だけ休止期間を設け、その休止時間によりレーザ出力を制御することを特徴とするレーザ装置。

【請求項 8】 エキストラキャビティ方式の高調波発生部およびレーザ共振器を用いる請求項 7 記載のレーザ装置。

【請求項 9】 イントラキャビティ方式の高調波発生部およびレーザ共振器を用い、かつレーザ光出力部に光学変調器を設けたことを特徴とする請求項 7 記載のレーザ装置。

【請求項 10】 レーザ光出力部に設置された光学変調器において、高調波パルスのみを切り出す変調制御機構を設けたことを特徴とする請求項 9 記載のレーザ装置。

【請求項 11】 パルス発生前の Q スwitch の休止期間が設定されたパルストレインのパルス繰り返し時間より短いことを特徴とした請求項 7 記載のレーザ装置。

【請求項 12】 非線形光学結晶の後に発生した高調波レーザと I R（基本波）レーザを波長の分離手段を用いて分離して出力することを特徴とした請求項 7 記載のレーザ装置。

【請求項 13】 出力鏡と、光反射ミラーと、前記出力鏡と光反射ミラーの間に配置したゲイン媒質と、Q スwitch と、非線形光学結晶を有し、励起光を連続的にゲイン媒質に照射して、Q スwitch によりパルスレーザを得て、このパルスレーザを非線形光学結晶に入力することにより高調波レーザ光を得るレーザの制御方法において、Q スwitch を高調波レーザの休止期間には連続発振モードに設定し、高調波パルス発生前に所定の時間だけ休止期間を設けることを特徴とするレーザの制御方法。

【請求項 14】 エキストラキャビティ方式の高調波発生部およびレーザ共振器を用いたことを特徴とする請求項 13 記載のレーザの制御方法。

【請求項 15】 イントラキャビティ方式の高調波発生部およびレーザ共振器を用い、かつレーザ光出力部に光学変調器を設けたことを特徴とする請求項 13 記載のレーザの制御方法。

【請求項 16】 レーザ光出力部に設置された光学変調器において、高調波パルスのみを切り出す変調制御機構を設けたことを特徴とする請求項 15 記載のレーザの制御方法。

【請求項 17】 パルス発生前の Q スイッチの休止期間が設定されたパルストレインのパルス繰り返し期間にほぼ一致することを特徴とした請求項 13 記載のレーザの制御方法。

【請求項 18】 非線形光学結晶の後に発生した高調波レーザと IR（基本波）レーザを波長の分離手段を用いて分離して出力する手段を用いた請求項 13 記載のレーザの制御方法。

【請求項 19】 出力鏡と、光反射ミラーと、前記出力鏡と光反射ミラーの間に配置したゲイン媒質と、Q スイッチと、非線形光学結晶を有し、励起光を連続的にゲイン媒質に照射して、Q スイッチによりパルスレーザを得て、このパルスレーザを非線形光学結晶に入力することにより高調波レーザ光を得るレーザの制御方法において、Q スイッチを高調波レーザの休止期間には連続発振モードに設定し、高調波パルス発生前に所定の時間だけ休止期間を設け、その休止時間によりレーザ出力を制御することを特徴とするレーザの制御方法。

【請求項 20】 エキストラキャビティ方式の高調波発生部およびレーザ共振器を用いた請求項 19 記載のレーザの制御方法。

【請求項 21】 イントラキャビティ方式の高調波発生部およびレーザ共振器を用い、かつレーザ光出力部に光学変調器を設けたことを特徴とする請求項 19 記載のレーザの制御方法。

【請求項 22】 レーザ光出力部に設置された光学変調器において、高調波パルスのみを切り出す変調制御機構を設けたことを特徴とする請求項 21 記載のレーザの制御方法。

【請求項 23】 パルス発生前の Q スイッチの休止期間が設定されたパルストレインのパルス繰り返し時間より短いことを特徴とした請求項 19 記載のレーザの制御方法。

【請求項 24】 非線形光学結晶の後に発生した高調波レーザと IR（基本波）レーザを波長の分離手段を用いて分離して出力することを特徴とした請求項 19 記載のレーザの制御方法。

【請求項 25】 出力鏡と、光反射ミラーと、前記出力鏡と光反射ミラーの間に配置したゲイン媒質と、Q スイッチと、非線形光学結晶を有し、励起光を連続

的にゲイン媒質に照射して、Qスイッチによりパルスレーザを得て、このパルスレーザを非線形光学結晶に入力することにより高調波レーザ光を得るレーザ装置を用いたレーザ加工方法において、Qスイッチを高調波レーザの休止期間には連続発振モードに設定し、高調波パルス発生前に所定の時間だけ休止期間を設けたレーザ加工方法。

【請求項 2 6】 エキストラキャビティ方式の高調波発生部およびレーザ共振器を用いた請求項 2 5 記載のレーザ加工方法。

【請求項 2 7】 イントラキャビティ方式の高調波発生部およびレーザ共振器を用い、かつレーザ光出力部に光学変調器を設けたことを特徴とする請求項 2 5 記載のレーザ加工方法。

【請求項 2 8】 レーザ光出力部に設置された光学変調器において、高調波パルスのみを切り出す変調制御機構を設けたことを特徴とする請求項 2 7 記載のレーザ加工方法。

【請求項 2 9】 パルス発生前のQスイッチの休止期間が設定されたパルストレインのパルス繰り返し時間にほぼ一致することを特徴とした請求項 2 5 記載のレーザ加工方法。

【請求項 3 0】 非線形光学結晶の後に発生した高調波レーザと I R（基本波）レーザを波長の分離手段を用いて分離して出力することを特徴とした請求項 2 5 記載のレーザ加工方法。

【請求項 3 1】 プリント基板の穴あけ加工に用いたことを特徴とする請求項 2 5 記載のレーザ加工方法。

【請求項 3 2】 出力鏡と、光反射ミラーと、前記出力鏡と光反射ミラーの間に配置したゲイン媒質と、Qスイッチと、非線形光学結晶を有し、励起光を連続的にゲイン媒質に照射して、Qスイッチによりパルスレーザを得て、このパルスレーザを非線形光学結晶に入力することにより高調波レーザ光を得るレーザ装置を用いたレーザ加工方法において、Qスイッチを高調波レーザの休止期間には連続発振モードに設定し、高調波パルス発生前に所定の時間だけ休止期間を設け、その休止時間によりレーザ出力を制御することを特徴とするレーザ加工方法。

【請求項 3 3】 エキストラキャビティ方式の高調波発生部およびレーザ共振

器を用いた請求項 3 2 記載のレーザ加工方法。

【請求項 3 4】 イントラキャビティ方式の高調波発生部およびレーザ共振器を用い、かつレーザ光出力部に光学変調器を設けたことを特徴とする請求項 3 2 記載のレーザ加工方法。

【請求項 3 5】 レーザ光出力部に設置された光学変調器において、高調波パルスのみを切り出す変調制御機構を設けたことを特徴とする請求項 3 4 記載のレーザ加工方法。

【請求項 3 6】 パルス発生前の Q スイッチの休止期間が設定されたパルストレインのパルス繰り返し時間より短いことを特徴とした請求項 3 2 記載のレーザ加工方法。

【請求項 3 7】 非線形光学結晶の後に発生した高調波レーザと I R（基本波）レーザを波長の分離手段を用いて分離して出力することを特徴とした請求項 3 2 記載のレーザ加工方法。

【請求項 3 8】 プリント基板の穴あけ加工に適用したことを特徴とする請求項 3 2 記載のレーザ加工方法。

【請求項 3 9】 出力鏡と、光反射ミラーと、前記出力鏡と光反射ミラーの間に配置したゲイン媒質と、Q スイッチと、非線形光学結晶を有し、励起光を連続的にゲイン媒質に照射して、Q スイッチによりパルスレーザを得て、このパルスレーザを非線形光学結晶に入力することにより高調波レーザ光を得るレーザ装置を用いたレーザ加工機において、Q スイッチを高調波レーザの休止期間には連続発振モードに設定し、高調波パルス発生前に所定の時間だけ休止期間を設けたレーザ加工機。

【請求項 4 0】 エキストラキャビティ方式の高調波発生部およびレーザ共振器を用いた請求項 3 9 記載のレーザ加工機。

【請求項 4 1】 イントラキャビティ方式の高調波発生部およびレーザ共振器を用い、かつレーザ光出力部に光学変調器を設けたことを特徴とする請求項 3 9 記載のレーザ加工機。

【請求項 4 2】 レーザ光出力部に設置された光学変調器において、高調波パルスのみを切り出す変調制御機構を設けたことを特徴とする請求項 4 1 記載のレ

ーザ加工機。

【請求項 4 3】 パルス発生前の Q スイッチの休止期間が設定されたパルストレインのパルス繰り返し時間にほぼ一致することを特徴とした請求項 3 9 記載のレーザ加工機。

【請求項 4 4】 非線形光学結晶の後に発生した高調波レーザと I R（基本波）レーザを波長の分離手段を用いて分離して出力することを特徴とした請求項 3 9 記載のレーザ加工機。

【請求項 4 5】 プリント基板の穴あけを目的としたことを特徴とする請求項 3 9 記載のレーザ加工機。

【請求項 4 6】 出力鏡と、光反射ミラーと、前記出力鏡と光反射ミラーの間に配置したゲイン媒質と、Q スイッチと、非線形光学結晶を有し、励起光を連続的にゲイン媒質に照射して、Q スイッチによりパルスレーザを得て、このパルスレーザを非線形光学結晶に入力することにより高調波レーザ光を得るレーザ装置を用いたレーザ加工機において、Q スイッチを高調波レーザの休止期間には連続発振モードに設定し、高調波パルス発生前に所定の時間だけ休止期間を設け、その休止時間によりレーザ出力を制御することを特徴とするレーザ加工機。

【請求項 4 7】 エキストラキャビティ方式の高調波発生部およびレーザ共振器を用いた請求項 4 6 記載のレーザ加工機。

【請求項 4 8】 イントラキャビティ方式の高調波発生部およびレーザ共振器を用い、かつレーザ光出力部に光学変調器を設けたことを特徴とする請求項 4 6 記載のレーザ加工機。

【請求項 4 9】 レーザ光出力部に設置された光学変調器において、高調波パルスのみを切り出す変調制御機構を設けたことを特徴とする請求項 4 8 記載のレーザ加工機。

【請求項 5 0】 パルス発生前の Q スイッチの休止期間が設定されたパルストレインのパルス繰り返し時間より短いことを特徴とした請求項 4 6 記載のレーザ加工機。

【請求項 5 1】 非線形光学結晶の後に発生した高調波レーザと I R（基本波）レーザを波長の分離手段を用いて分離して出力することを特徴とした請求項 4

6 記載のレーザ加工機。

【請求項 5 2】 プリント基板の穴あけを目的としたことを特徴とする請求項 4 6 記載のレーザ加工機。

【発明の詳細な説明】

【 0 0 0 1 】

【発明の属する技術分野】

本発明は、高調波を発生する Q スイッチのレーザ装置とその制御方法およびそれを用いたレーザ加工方法とレーザ加工機に関する。

【 0 0 0 2 】

【従来の技術】

以下に従来の Q スイッチレーザ制御について説明する。

【 0 0 0 3 】

図 7 は従来の高調波発生 Q スイッチレーザシステムの構成を示すものである。

【 0 0 0 4 】

図 7 において、1 1 はレーザヘッド、1 2 は Q スイッチ、1 3 は励起光発生源、1 4 は Q スイッチ用 R F ドライバー、1 5 は制御回路、1 6 はインターフェイス、1 7 は電源回路、1 8 は操作部である。

【 0 0 0 5 】

以上のように構成された高調波発生 Q スイッチレーザシステムについて、以下システムの動作について図 7 を用いて説明する。

【 0 0 0 6 】

P C (パーソナルコンピュータ) などの操作部 1 8 で設定された発振条件指令は、インターフェイス 1 6 を介して制御回路 1 5 に送られる。

【 0 0 0 7 】

送られた発振条件指令は、制御回路 1 5 で解釈され指令通りの制御信号を発生し、励起光発生源 1 3 および Q スイッチ用 R F ドライバー 1 4 に伝え、レーザヘッドの発振条件を決定する。

【 0 0 0 8 】

この時、同時に制御回路 1 5 はレーザヘッド 1 1 からのアラームや非線形光学

結晶の温度制御などの制御も行う。

【0009】

さらに、図8を用いて高調波発生Qスイッチレーザシステムの光学的な動作について説明する。図8は、図7において示した高調波発生Qスイッチレーザシステムのレーザヘッド11の内部構成を示したものである。

【0010】

図8において、21は高反射ミラー、22はQスイッチ素子、23はゲイン媒質、24は出力鏡、25は集光レンズ、26は非線形光学結晶、27は光学レンズであり、28はナローバンドフィルタまたはダイクロイックミラーであり、25と27の2枚のレンズでコリメータを構成する。

【0011】

以上のように構成された高調波発生Qスイッチレーザヘッドについて、以下光学的な動作について図8を用いて説明する。

【0012】

ゲイン媒質23に励起光が入射すると、高反射ミラー21と出力鏡24の間で光共振が発生しレーザ発振する。

【0013】

しかし、その途中にQスイッチ素子22を挿入するとQスイッチ素子22がONの時は光路が開かれるためレーザ発振するが、OFFの時は光路が閉じられ発振が停止するパルスレーザ発振が可能となる。

【0014】

Qスイッチ素子22は、図8に示したQスイッチ用RFドライバー14によりON/OFF制御されており、この動作によりQスイッチレーザはパルス発振が可能になっている。

【0015】

出力鏡24から出力されたレーザ光は集光レンズ25で集光されて、非線形光学結晶26に照射される。

【0016】

非線形光学結晶26では高調波レーザが発生し、光学レンズ27でコリメート

された後、ナローバンドフィルターまたはダイクロイックミラー 28 で IR（基本波）と高調波のレーザが分離され、高調波レーザは加工に利用される。

【0017】

この時の高調波レーザの強度は 2 倍高調波（SHG）を例にとると以下の式で表される。

【0018】

【式 1】

$$P_{SHG} = d_{eff} \cdot l_{eff} \cdot (P_{IR})^2 / A$$

【0019】

ここで、 P_{SHG} は高調波レーザの強度、 d_{eff} は非線形定数と呼ばれ、取り扱う非線形光学結晶 26 の種類により決定される定数であり大きいほど変換効率が良いとされている。

【0020】

また、 l_{eff} は有効相互作用長と言い、非線形光学結晶 26 が非線形効果を示している長さであり、高調波強度 P_{SHG} は有効相互作用長に比例する。

【0021】

さらに、高調波強度 P_{SHG} は基本波強度 P_{IR} の 2 乗に比例してするとともに、 A のビーム面積に反比例する。

【0022】

このような関係が成立することから、非線形光学結晶 26 に対してはビーム面積 A を小さく、基本波強度 P_{IR} を強く入射させることで、変換効率を改善する取り組みが積極的にされており、そのため集光レンズ 25 で集光して、非線形光学結晶 26 に入射させることが多い。

【0023】

ところが一方、非線形光学結晶 26 には耐光強度に限界があり、そのため損傷しきい値を超えると破壊することがわかっている。

【0024】

また、損傷しきい値まで達しないまでも、損傷しきい値に近づくにつれて非線形光学結晶 26 の寿命に影響があることがわかっている。

【 0 0 2 5 】

次に、高調波発生Qスイッチレーザの光学特性と非線形光学結晶の破壊のメカニズムについて、図9を用いて説明する。

【 0 0 2 6 】

図9にはQスイッチレーザを発振させた場合の発振特性を示した。

【 0 0 2 7 】

図9にも示したようにQスイッチレーザシステムを最も簡単に動作させるには、ランプのアーカ電流またはLDレーザの電流を一定に制御して励起光強度を一定に保ち、QスイッチをON/OFFさせると動作する。

【 0 0 2 8 】

ところが、発振の開始のゲート信号をONに入れた1ショット目または場合により数ショットは、長い間Qスイッチの閉じられた状態で励起光がゲイン媒質23に入射したためにゲイン媒質23に蓄積されたゲインが所定の値より過大となり、ジャイアントパルスが発生する。

【 0 0 2 9 】

このジャイアントパルスが非線形光学結晶26を破壊または寿命を短縮化する。

【 0 0 3 0 】

このジャイアントパルスの発生を回避するためQスイッチレーザシステムの制御装置には、FPS（ファースト・パルス・サプレッション）機能が設けられていることがある。

【 0 0 3 1 】

図10には、Qスイッチレーザシステムに搭載されたFPS機能の一例について説明する。

【 0 0 3 2 】

図10からも明らかなように、発振の開始のゲート信号をONに入れた1ショット目または場合により数ショットにジャイアントパルスが発生を抑制するために、長い間Qスイッチの閉じられた状態で励起光がゲイン媒質23に入射すると所定のゲインを維持するだけの励起光の強度に弱めて維持する方法が採用されて

いる場合がある。

【 0 0 3 3 】

この方法では、ゲイン媒質 2 3 に蓄積されるレーザゲインが過大となることは避けられるが、最大励起光強度が限定されているためレーザゲインのビルドアップの勾配には限界があり所定のレーザゲインはファーストパルスの後に続くパルスレインの間隔すなわちパルス周波数に依存する。

【 0 0 3 4 】

そのため、パルス周波数の設定を変更するたびに、レーザゲイン維持電流 ΔI や維持期間 ΔT などの F P S 機能の条件設定が必要になる。

【 0 0 3 5 】

また、他の方法で F P S 機能を実現する方法として、Q スイッチの立上がり時間に遅くする方法もあるが、同様にパルス周波数ごとに F P S 機能の条件設定が必要である。

【 0 0 3 6 】

図 1 1 には、高調波発生 Q スイッチレーザシステムを搭載したレーザ加工機の光学系の例を示した。

【 0 0 3 7 】

図 1 1 において、3 1 は高調波発生 Q スイッチレーザシステム、3 2 はコリメータレンズ、3 3 はマスクチェンジャ、3 4 はベンドミラー、3 5 はガルバノスキャナー、3 6 はスキャンレンズ、3 7 は加工テーブルである。

【 0 0 3 8 】

高調波発生 Q スイッチレーザシステム 3 1 から出射されたレーザはコリメータ 3 2 によりビーム径を最適化された後、マスクチェンジャ 3 3 上のマスクに照射される。

【 0 0 3 9 】

照射されたレーザはその一部がマスクを通過して、ベンドミラー 3 4 に介して、ガルバノスキャナー 3 5 により所定の位置にスキャンレンズ 3 6 を通して集光され、加工テーブル 3 7 上に固定されているワークを加工する。

【 0 0 4 0 】

加工は一般に加工中は所定の周波数でパルストレインが必要となり、またワークの搬送時などは長い休止時間が必要で、パルス発振と休止の繰り返しで行われる。

【 0 0 4 1 】

図 1 2 には高調波発生 Q スイッチレーザシステムの出力特性例を示す。

【 0 0 4 2 】

本図からも明らかなように、パルス周波数が低くなるにつれ、パルスエネルギーが増加して、非線形光学結晶 2 6 に損傷または短寿命化する可能性が大きくなることがわかる。

【 0 0 4 3 】

従って、搬送時など休止時間が長くなると、ゲイン媒質 2 3 にゲインが過大に蓄積し、ジャイアントパルスが発生し、非線形光学結晶 2 6 を損傷または短寿命化し、システム信頼性が低下する。

【 0 0 4 4 】

このような事態を避けるため、一般にレーザ加工機に搭載される高調波発生 Q スイッチレーザシステム 3 1 には、F P S 機能付が付加される。ところが、特に微細な加工になるとパルスの周波数を途中で切り替えることが要求される。

【 0 0 4 5 】

この場合、F P S 機能は無視されるか、または安全のために F P S 機能を使用する場合 F P S 機能の条件設定コマンドを送信する通信時間が必要になり、タクトタイムが長くなる。

【 0 0 4 6 】

また、このようなパルスの不安定さに起因する加工のバラツキも問題となる。

【 0 0 4 7 】

例えば、加工機に設置したガルバノスキャナー 3 5 を用いて、ジャイアントパルスなどファーストパルスをワーク以外のダミーターゲットに照射して加工に与える影響を無くする工夫も従来見られるが、非線形光学結晶 2 6 の保護にならずシステムの信頼性は改善しない。

【 0 0 4 8 】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、上記従来の構成では、非線形光学結晶の損傷または短寿命化、さらにはレーザ加工機の信頼性低下という問題点を有していた。

【0 0 4 9】

本発明は前記従来の問題点を解決するもので、非線形光学結晶の保護をタクトタイムのロスなしに実現し、レーザ加工機の信頼性を確保する手段を提供することを目的とする。

【0 0 5 0】

【課題を解決するための手段】

この目的を達成するために本発明では、特にエクストラキャビティ方式のレーザ発振器でかつ非線形光学結晶後に波長分離する光学系を有するレーザ装置においては、Qスイッチを高調波レーザの休止期間には連続発振モードに設定し、高調波パルス発生前に所定の時間だけ休止期間を設け、かつ高調波パルス発生前のQスイッチの休止期間が設定されたパルストレインのパルス繰り返し時間にほぼ一致することを特徴とした構成を有する。

【0 0 5 1】

また、イントラキャビティ方式のレーザ発振器に適用する場合は、レーザ出口に光変調器を設け、高調波パルスだけ切り出すようにゲートを制御することを特徴とした構成を有する。

【0 0 5 2】

また、本発明では特にエクストラキャビティ方式のレーザ発振器でかつ非線形光学結晶後に波長分離する光学系を有するレーザシステムにおいては、Qスイッチを高調波レーザの休止期間には連続発振モードに設定し、高調波パルス発生前に所定の時間だけ休止期間を設け、かつ高調波パルス発生前のQスイッチの休止期間が設定されたパルストレインのパルス繰り返し時間より短くし、その休止時間によりレーザ出力を制御することを特徴とした構成を有する。

【0 0 5 3】

また、イントラキャビティ方式のレーザ発振器に適用する場合は、レーザ出口に光変調器を設け、高調波パルスだけ切り出すようにゲートを制御することを特

徴とした構成を有する。

【 0 0 5 4 】

【発明の実施の形態】

この構成において、本発明の作用について説明する。

【 0 0 5 5 】

本発明の第 1 の手段では、ランプのアーク電流または LD レーザの電流を一定に制御して励起光強度を一定に保ち、Q スイッチを ON / OFF させる最も容易な制御を前提とする。

【 0 0 5 6 】

そのことにより、ランプや LD 電流の変調などに伴うランプや LD 素子にかかる熱サイクルを起因とした短寿命化を防止する効果も期待できる。

【 0 0 5 7 】

前述したようにジャイアントパルスの発生を防止するには、過剰なレーザゲインの蓄積をなくせば良い。

【 0 0 5 8 】

そこで本発明の第 1 の手段では、特にエキストラキャビティ方式のレーザ発振器でかつ非線形光学結晶後に波長分離する光学系を有するレーザ装置において、Q スイッチを高調波レーザの休止期間には連続発振モードに設定することでレーザゲインの過剰な蓄積を防止するとともに、高調波パルス発生前に設定されたパルストレインのパルス繰り返し時間にはほぼ一致する所定の時間だけ休止期間を設けることで高調波パルス発振前のレーザゲインを常に所定の値に保つことで高調波パルスを安定化し、非線形光学結晶の損傷または短寿命化を回避することができる。

【 0 0 5 9 】

また、FPS 機能をなくしてもジャイアントパルスの発生を防止することができる。

【 0 0 6 0 】

また、イントラキャビティ方式のレーザ発振器に適用する場合は、非線形光学結晶を通過するレーザビーム径が太くなるため、休止時間の連続発振モード時に

高調波レーザが出力されてしまう課題がある。

【 0 0 6 1 】

その課題に対しては、レーザ出口に光変調器を設け、高調波パルスだけ切り出すようにゲートを制御する構成を具備することで同様の効果を得ることができる。

【 0 0 6 2 】

レーザ加工機に搭載した実加工の場合、ランダムなタイミングでパルストレインを発生しても安定した高調波パルスを得ることができることからレーザ加工品質の改善がされ、かつパルス発振条件の変更に際してロスタイムも発生することではなく、生産性の高いレーザ加工機が提供できる。

【 0 0 6 3 】

本発明の第 2 の手段では、第 1 の手段と同様にランプのアーカ電流または LD レーザの電流を一定に制御して励起光強度を一定に保ち、Q スイッチを ON / OFF させる最も容易な制御を前提とする。

【 0 0 6 4 】

そのことにより、同様にランプや LD 電流の変調などに伴うランプや LD 素子にかかる熱サイクルを起因とした短寿命化を防止する効果も期待できる。

【 0 0 6 5 】

さらに、特にエクストラキャビティ方式のレーザ発振器でかつ非線形光学結晶後に波長分離する光学系を有するレーザ装置において、Q スイッチを高調波レーザの休止期間には連続発振モードに設定することでレーザゲインの過剰な蓄積を防止するとともに、高調波パルス発生前にパルストレインのパルス繰り返し時間より短い所定の時間だけ休止期間を設けることで高調波パルス発振前のレーザゲインを所定の値に保ち、レーザ出力を制御することが可能である。

【 0 0 6 6 】

また、Q スイッチの最長の休止時間を制限することで、非線形光学結晶の損傷または短寿命化も回避することができる。

【 0 0 6 7 】

さらに、FPS 機能をなくしてもジャイアントパルスの発生を防止することが

できる。

【 0 0 6 8 】

また、イントラキャビティ方式のレーザ発振器に適用する場合は、非線形光学結晶を通過するレーザビーム径が太くなるため、休止時間の連続発振モード時に高調波レーザが出力されてしまう課題がある。

【 0 0 6 9 】

その課題に対しては、レーザ出口に光変調器を設け、高調波パルスだけ切り出すようにゲートを制御する構成を具備することで同様の効果を得ることができる。

【 0 0 7 0 】

レーザ加工機に搭載した実加工の場合、ランダムなタイミングでパルストレインを発生しても安定かつダイナミックにパルス発振条件の変更が可能となり、特に微細加工などでレーザ加工品質の改善がされ、かつパルス発振条件の変更に際してロスタイムも発生することはなく、生産性の高いレーザ加工機が提供できる。

【 0 0 7 1 】

(実施の形態)

以下本発明の第 1 の実施例について、図面を参照しながら説明する。

【 0 0 7 2 】

本発明の第 1 実施例について図 1 を用いてその動作について説明する。

【 0 0 7 3 】

本発明の第 1 実施例の高調波発生 Q スイッチレーザ装置は、図 8 に示した構成と同じものであり、その制御について説明する。

【 0 0 7 4 】

本発明の制御方法は図 1 にも示したように Q スイッチを高調波レーザの休止期間には連続発振モードに設定し、高調波パルス発生前に所定の時間だけ休止期間 T を設け、かつ高調波パルス発生前の Q スイッチの休止期間 T が設定されたパルストレインのパルス繰り返し時間（周波数）にほぼ一致させる。

【 0 0 7 5 】

Qスイッチを高調波レーザの休止期間に連続発振モードに設定することは、レーザゲインの過剰な蓄積を防止する効果があり、高調波パルス発生前に設定されたパルストレインのパルス繰り返し時間にほぼ一致する所定の時間だけ休止期間を設けることは高調波パルス発振前のレーザゲインを常に所定の値に保つことを意味する。

【0076】

図6には本発明を採用した時のレーザ出力特性を示した。

【0077】

この図からも明らかであるように、低周波つまり休止時間の長い時のパルスエネルギーが頭うちになり、この特性のため非線形光学結晶の保護が可能であることがわかる。

【0078】

従って、この制御により高調波パルスは常に安定化し、非線形光学結晶の損傷または短寿命化を回避することができる。

【0079】

また、FPS機能をなくしてもジャイアントパルスの発生を防止することができる。

【0080】

レーザ加工機に搭載した実加工の場合、ランダムなタイミングでパルストレインを発生しても安定した高調波パルスを得ることができることからレーザ加工品質の改善がされ、かつパルス発振条件の変更に際してロスタイムも発生することはなく、生産性の高いレーザ加工機が提供できる。

【0081】

また、他の効用としては、ランプのアーカ電流またはLDレーザの電流を一定に制御するため、ランプやLD電流の変調などに伴うランプやLD素子にかかる熱サイクルを起因とした短寿命化を防止する効果も期待できる。

【0082】

次に、本発明の第1の実施例をイントラキャビティに採用する時の制御信号の例を図3に示す。

【 0 0 8 3 】

また、イントラキャビティ方式の高調波発生Qスイッチレーザシステム構成の実施例を図5に示す。

【 0 0 8 4 】

図5において、51は音響光学変調器（AOM）などの光学的変調器であり、他は従来の技術で紹介したエキストラキャビティ方式の例と配列の順序は異なるものの構成部品は同じである。

【 0 0 8 5 】

第1の実施例をイントラキャビティ方式に採用すると、非線形光学結晶に入射するビーム径が太い状態で高調波を発生させるため、パルス休止期間中のIR（基本波）レーザのCW出力により弱い高調波レーザが出力されることがある。

【 0 0 8 6 】

レーザ加工機に適用する場合、この弱い高調波レーザが加工しきい値を超えない場合そのまま搭載することが可能であるが、加工しきい値を超える場合は外部に図5に示したように音響光学変調器（AOM）などの光学的変調器51を挿入して、図3に示したような高調波パルスだけを切り出す制御信号をAOMゲートに入力して高調波パルスを切り出して同様の効果が得られる。

【 0 0 8 7 】

以上のように第1の実施例によればエキストラキャビティ方式のレーザ発振器、かつ非線形光学結晶後に波長分離する光学系を有するレーザ装置において、特に有効に、Qスイッチを高調波レーザの休止期間には連続発振モードに設定し、高調波パルス発生前に設定されたパルスレインのパルス繰り返し時間にほぼ一致する所定の時間だけ休止期間を設けることにより、非線形光学結晶の損傷または短寿命化を回避することが可能であり、さらには非線形光学結晶の保護をタクトタイムのロスなしに実現し、レーザ加工機の信頼性を確保することができる。

【 0 0 8 8 】

以下本発明の第2の実施例について、図面を参照しながら説明する。

【 0 0 8 9 】

本発明の第2実施例について図2を用いてその動作を説明する。

【 0 0 9 0 】

本発明の第 2 実施例の高調波発生 Q スイッチレーザ装置の構成は図 8 にも示した構成と同じで、その動作について説明する。

【 0 0 9 1 】

本発明の制御方法は図 2 にも示したように Q スイッチを高調波レーザの休止期間には連続発振モードに設定し、高調波パルス発生前に所定の時間だけ休止時間 T を設け、かつ高調波パルス発生前の Q スイッチの休止期間 T が設定されたパルストレインのパルス繰り返し時間（周波数）より短くすることでパルス出力を制御する。

【 0 0 9 2 】

Q スイッチを高周波レーザの休止期間に連続発振モードに設定することは、レーザゲインの過剰な蓄積を防止する効果があり、高調波パルス発生前に設定されたパルストレインのパルス繰り返し時間より短く休止期間を設けることは高調波パルス発振前のレーザゲインを常に安定して制御することを意味する。

【 0 0 9 3 】

図 6 には本発明を採用した時のレーザ出力特性を示した。

【 0 0 9 4 】

この図からも明らかであるように、低周波つまり休止時間の長い時のパルスエネルギーが頭うちになり、この特性のため非線形光学結晶の損傷または短寿命化の回避が可能であることがわかる。

【 0 0 9 5 】

また、休止時間 T を短くすることは、さらにパルスエネルギーを低出力化することと同義であり、非線形光学結晶を保護することを意味する。

【 0 0 9 6 】

従って、この制御により、高調波パルスは常に安定化するとともに、休止時間によりレーザ出力が制御される。

【 0 0 9 7 】

また、非線形光学結晶の損傷または短寿命化を回避することもできる。

【 0 0 9 8 】

さらに、FPS機能をなくしてもジャイアントパルスの発生を防止することができ、非線形光学結晶の保護が可能である。

【0099】

レーザ加工機に搭載した実加工の場合、ランダムなタイミングでパルストレインを発生しても安定した高調波パルスを得ることができるだけでなく、休止時間制御により細かなレーザ出力調整が可能になることからレーザ加工品質の改善がされ、かつパルス発振条件の変更に際してロスタイムも発生することはなく、生産性の高いレーザ加工機が提供できる。

【0100】

また、他の効用としては、ランプのアーク電流またはLDレーザの電流を一定に制御して励起光強度を一定に保つため、ランプやLD電流の変調などに伴うランプやLD素子にかかる熱サイクルを起因とした短寿命化を防止する効果も期待できる。

【0101】

次に、本発明の第2の実施例をイントラキャビティに採用する時の制御信号の例を図4に示す。

【0102】

また、イントラキャビティ方式の高調波発生Qスイッチレーザ装置の実施例を図5に示す。

【0103】

図5において、51は音響光学変調器(AOM)などの光学的変調器であり、他は従来の技術で紹介したエキストラキャビティ方式の例と配列の順序は異なるものの構成部品は同じである。

【0104】

第2の実施例をイントラキャビティ方式に採用すると、非線形光学結晶に入射するビーム径が太い状態で高調波を発生させるため、パルス休止時間中のIR(基本波)レーザのCW出力により弱い高調波レーザが出力されることがある。

【0105】

レーザ加工機に適用する場合、この弱い高調波レーザが加工しきい値を超えな

い場合そのまま搭載することが可能であるが、加工しきい値を超える場合は外部に図5に示したように音響光学変調器（AOM）などの光学的変調器51を挿入して、図4に示したような高調波パルスだけを切り出す制御信号をAOMゲートに入力して高調波パルスを切り出して同様の効果が得られる。

【0106】

以上のように第2の実施例によれば特にエクストラキャビティ方式のレーザ発振器でかつ非線形光学結晶後に波長分離する光学系を有するレーザ装置において、Qスイッチを高調波レーザの休止期間には連続発振モードに設定し、高調波パルス発生前に設定されたパルストレインのパルス繰り返し時間より短い所定の時間だけ休止期間を設けて、レーザ出力を制御することにより、非線形光学結晶の損傷または短寿命化と言う課題を解決でき、さらには非線形光学結晶の保護をタクトタイムのロスなしに実現し、レーザ加工機の信頼性を保護することができるだけでなく、細かい加工条件設定が可能となりレーザ加工の品質を改善することが可能となる。

【0107】

【発明の効果】

以上のように本発明は、Qスイッチを高調波レーザの休止期間には連続発振モードに設定し、高調波パルス発生前に所定の時間だけ休止期間を設けることにより、非線形光学結晶の損傷または短寿命化を回避することが可能であり、さらには非線形光学結晶の保護をタクトタイムのロスなしに実現し、レーザ加工機の信頼性を確保することができる優れた高調波発生Qスイッチレーザ装置、その制御方法、それを用いたレーザ加工方法およびレーザ加工機を実現できるものである。

【図面の簡単な説明】

【図1】

本発明の第1実施例の説明図

【図2】

本発明の第2実施例の説明図

【図3】

本発明の第 1 実施例の説明図

【図 4】

本発明の第 2 実施例の説明図

【図 5】

本発明の高調波発生 Q スイッチレーザのレーザヘッドの構成例を示す図

【図 6】

本発明を採用した高調波発生 Q スイッチレーザシステムの出力特性を示す図

【図 7】

従来の高調波発生 Q スイッチレーザシステムの構成を示す図

【図 8】

従来の高調波発生 Q スイッチレーザのレーザヘッドの構成例を示す図

【図 9】

従来の高調波発生 Q スイッチレーザ発振器の制御例を示す図

【図 1 0】

従来の高調波発生 Q スイッチレーザ発振器の制御例を示す図

【図 1 1】

従来の高調波発生 Q スイッチレーザシステムを用いたレーザ加工機の説明図

【図 1 2】

従来の高調波発生 Q スイッチレーザシステムの出力特性を示す図

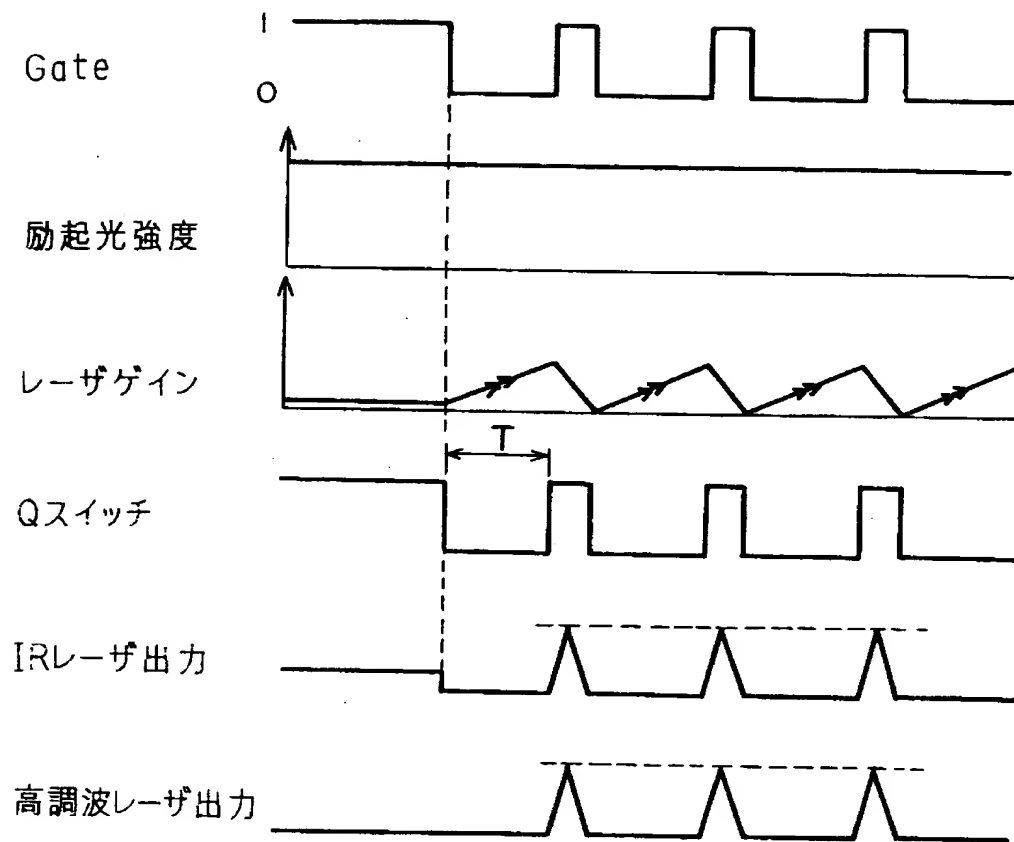
【符号の説明】

- 1 1 レーザヘッド
- 1 2 Q スイッチ
- 1 3 励起光発生源
- 1 4 Q スイッチ用 R F ドライバー
- 1 5 制御回路
- 1 6 インターフェイス
- 1 7 電源回路
- 1 8 操作部
- 2 1 高反射ミラー

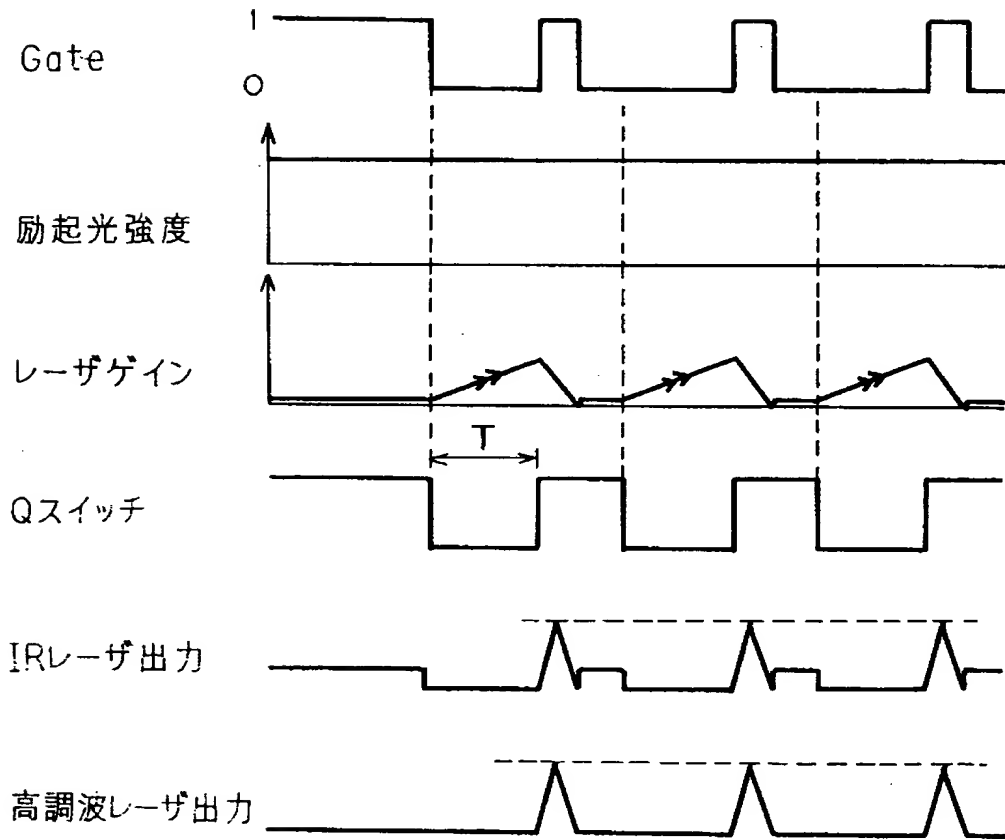
- 2 2 Qスイッチ素子
- 2 3 ゲイン媒質
- 2 4 出力鏡
- 2 5 集光レンズ
- 2 6 非線形光学結晶
- 2 7 光学レンズ
- 2 8 ナローバンドフィルタ—またはダイクロイックミラー
- 3 1 高調波発生Qスイッチレーザシステム
- 3 2 コリメータレンズ
- 3 3 マスクチェンジャ
- 3 4 ベンドミラー
- 3 5 ガルバノスキャナ—
- 3 6 スキャンレンズ
- 3 7 加工テーブル
- 5 1 光学的変調器

【書類名】 図面

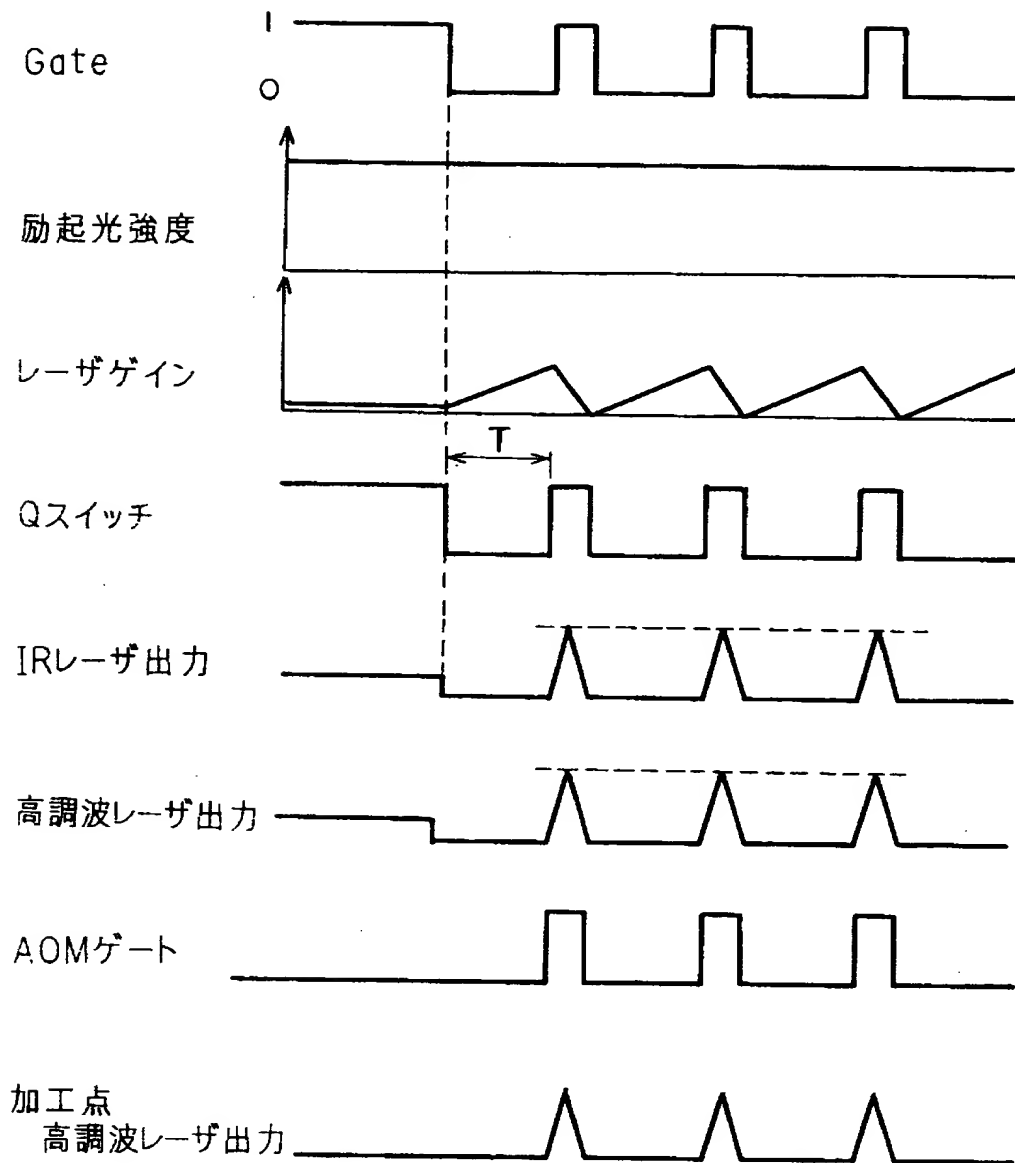
【図1】



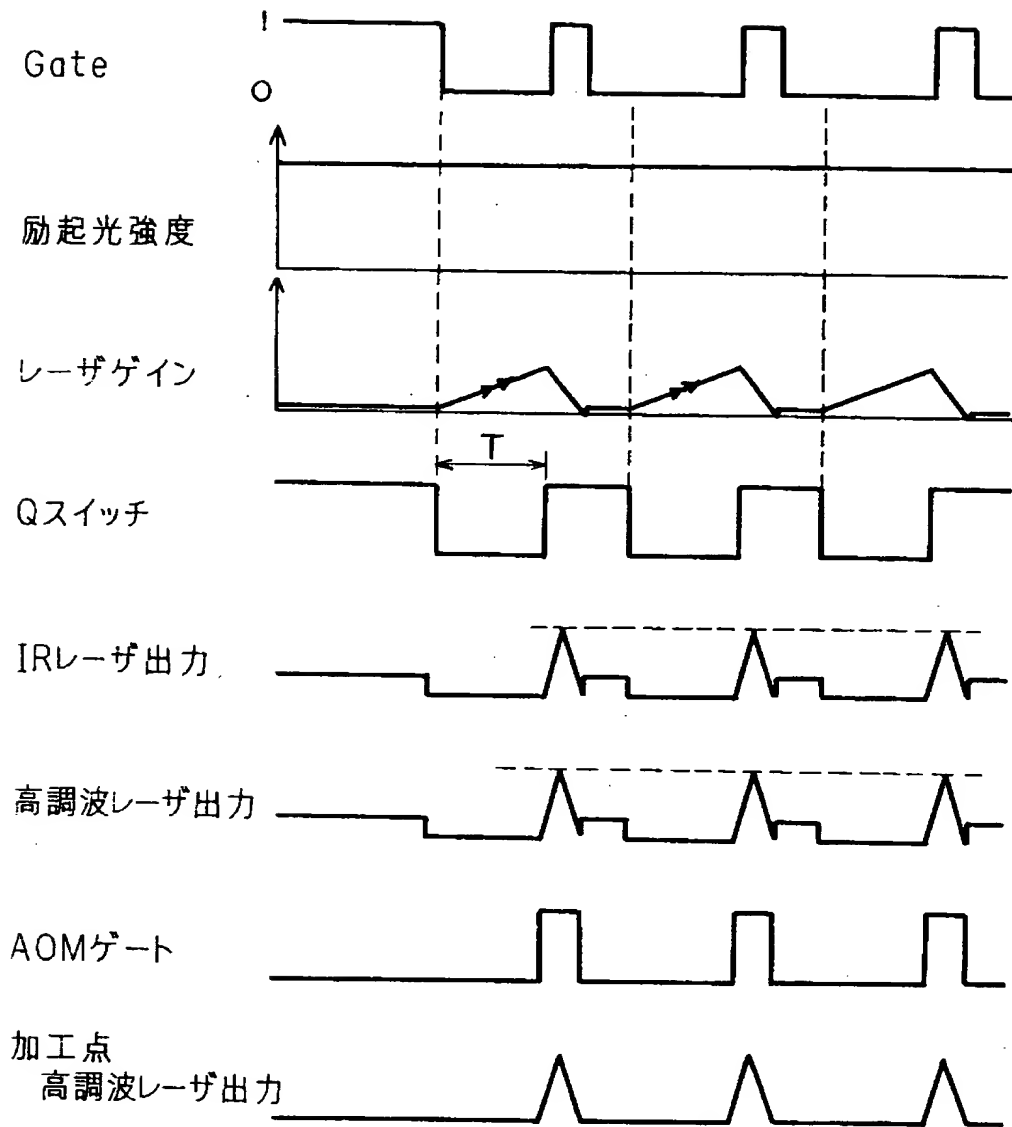
【図 2】



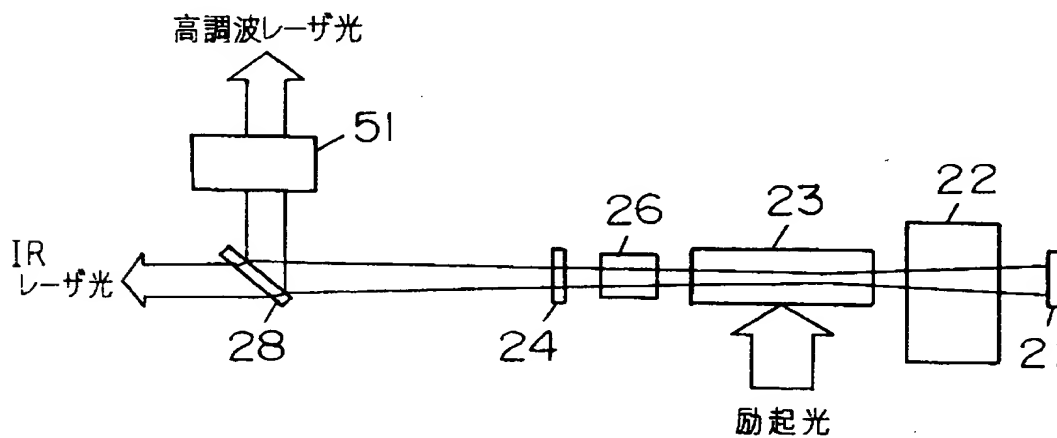
【図 3】



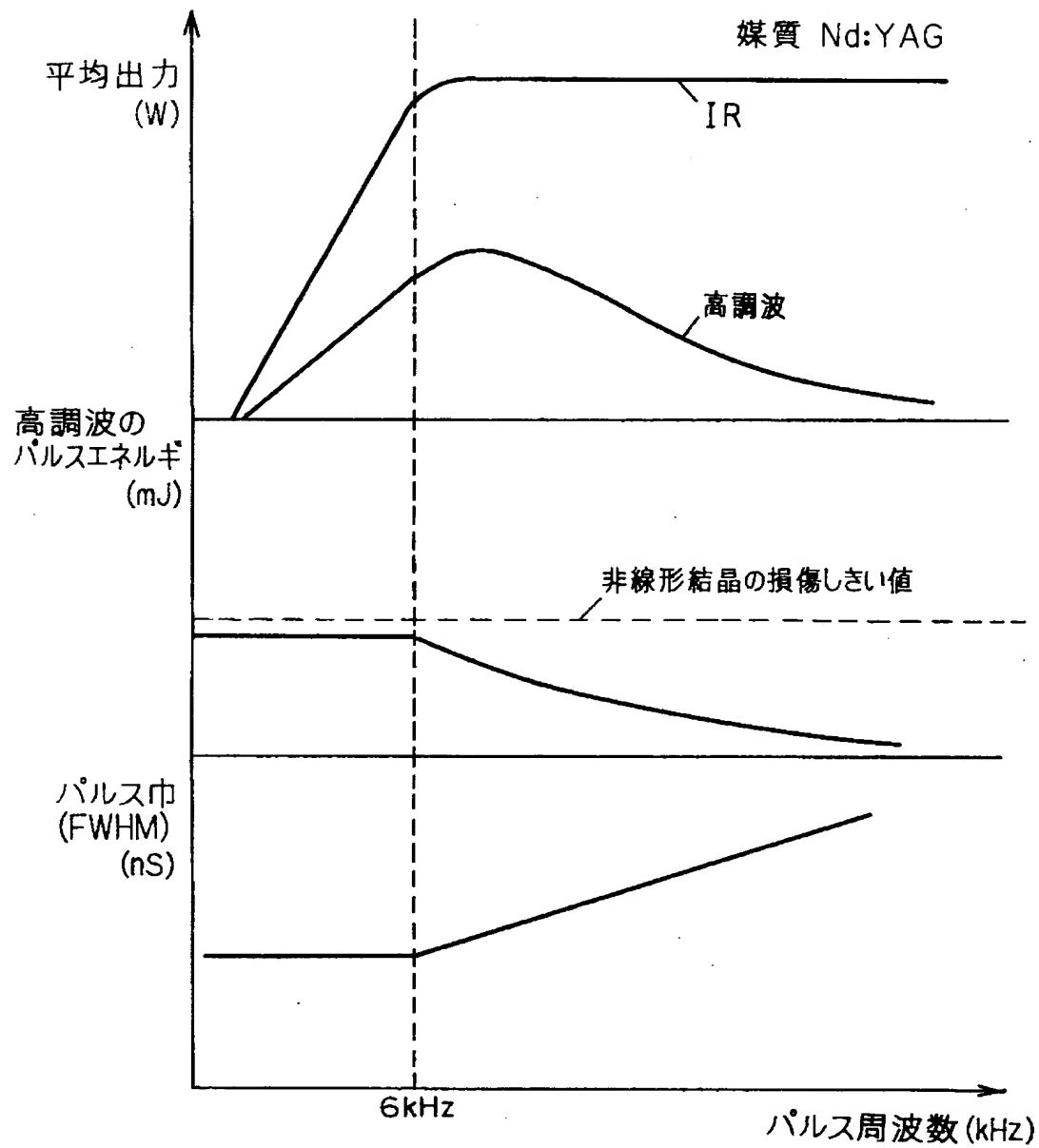
【図 4】



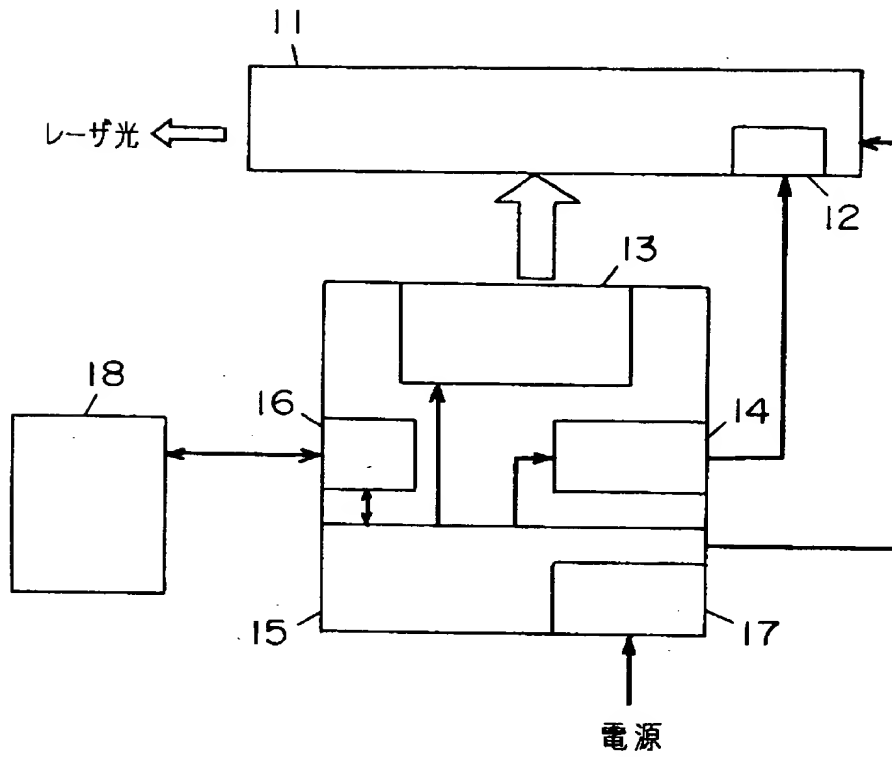
【図 5】



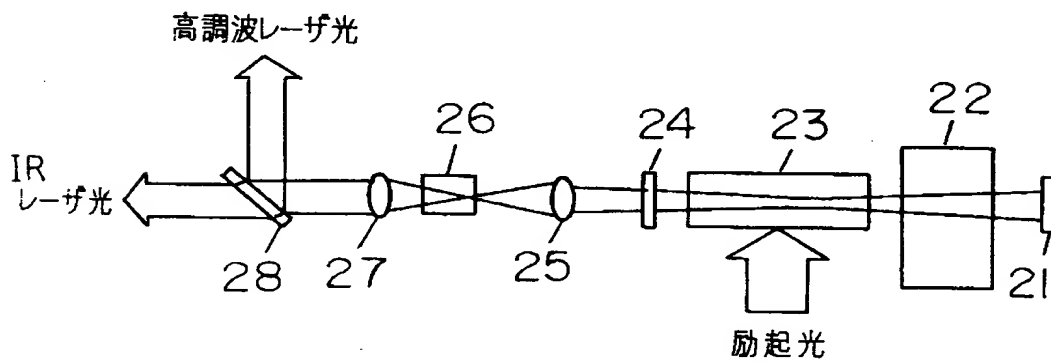
【図 6】



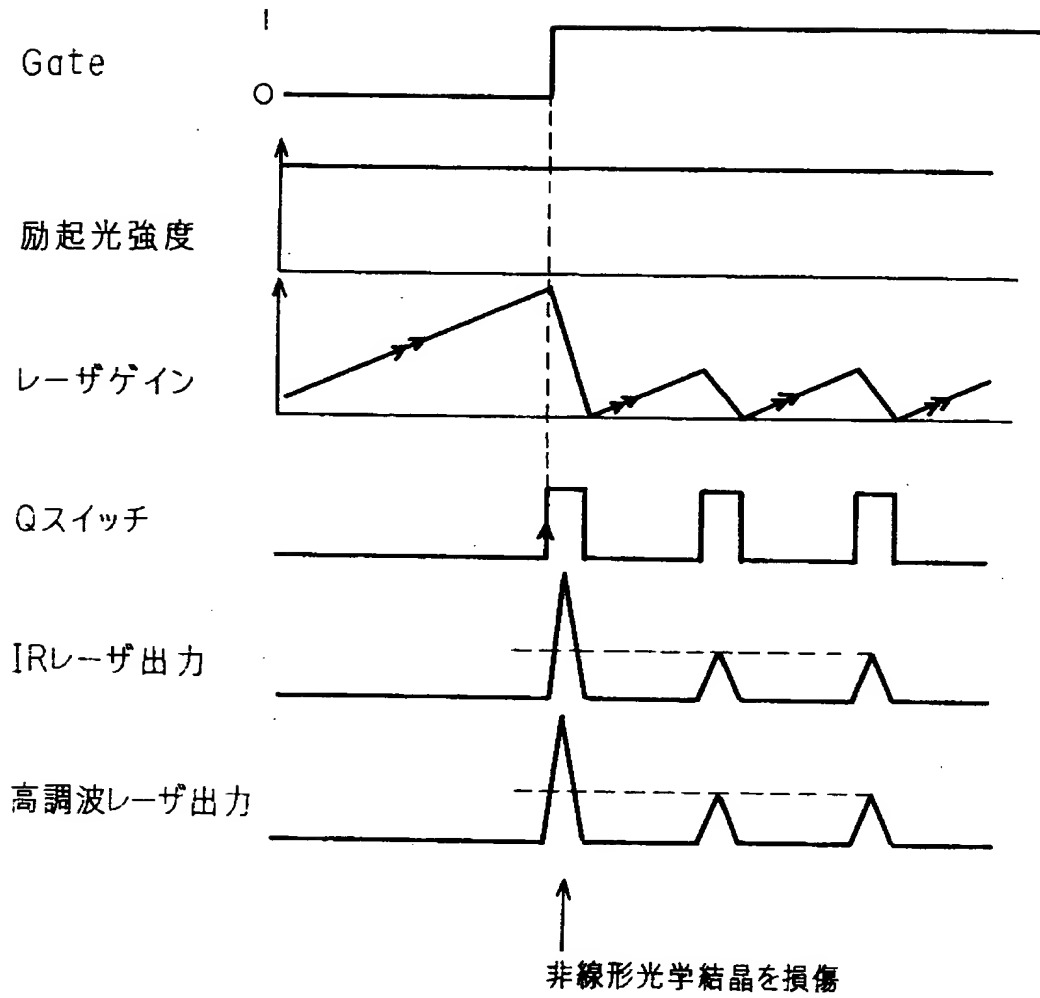
【図 7】



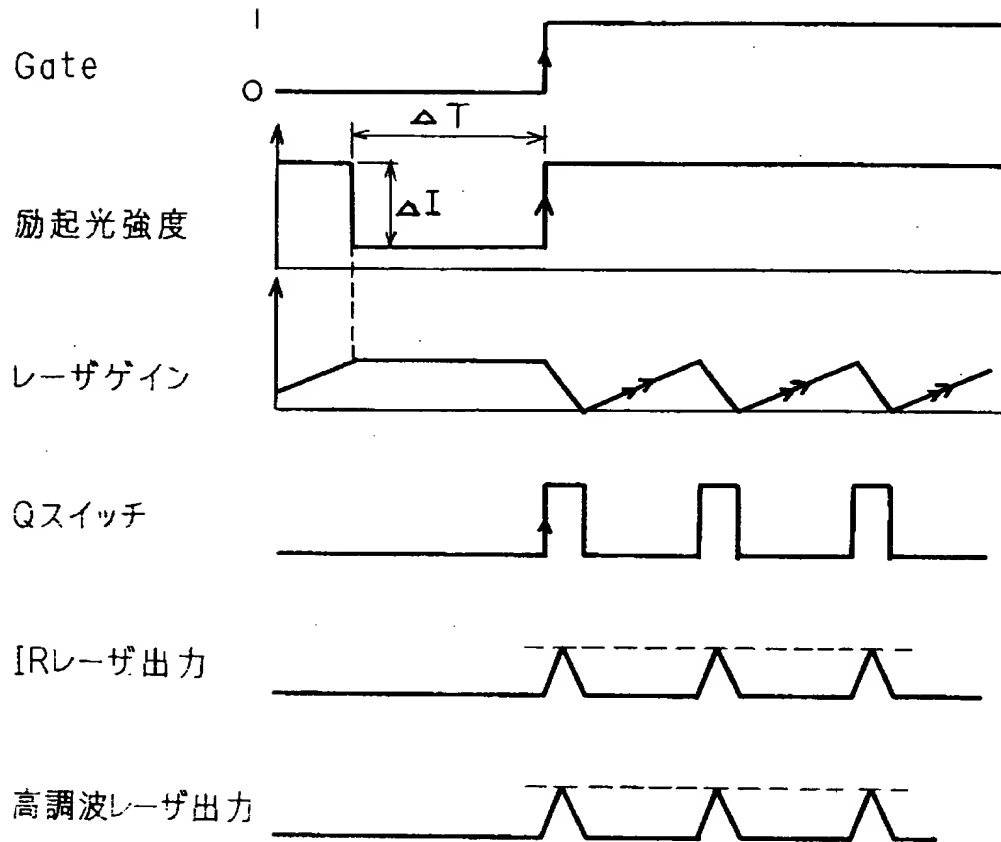
【図 8】



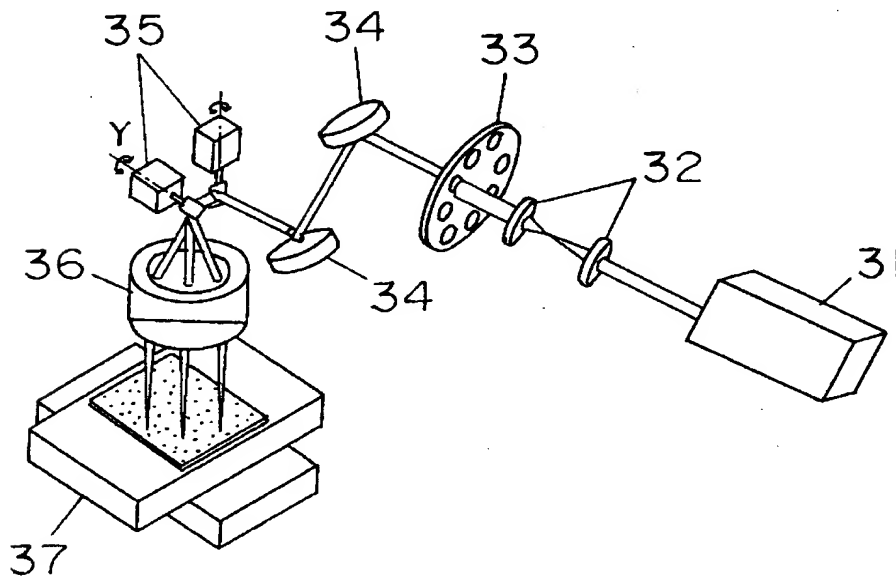
【図9】



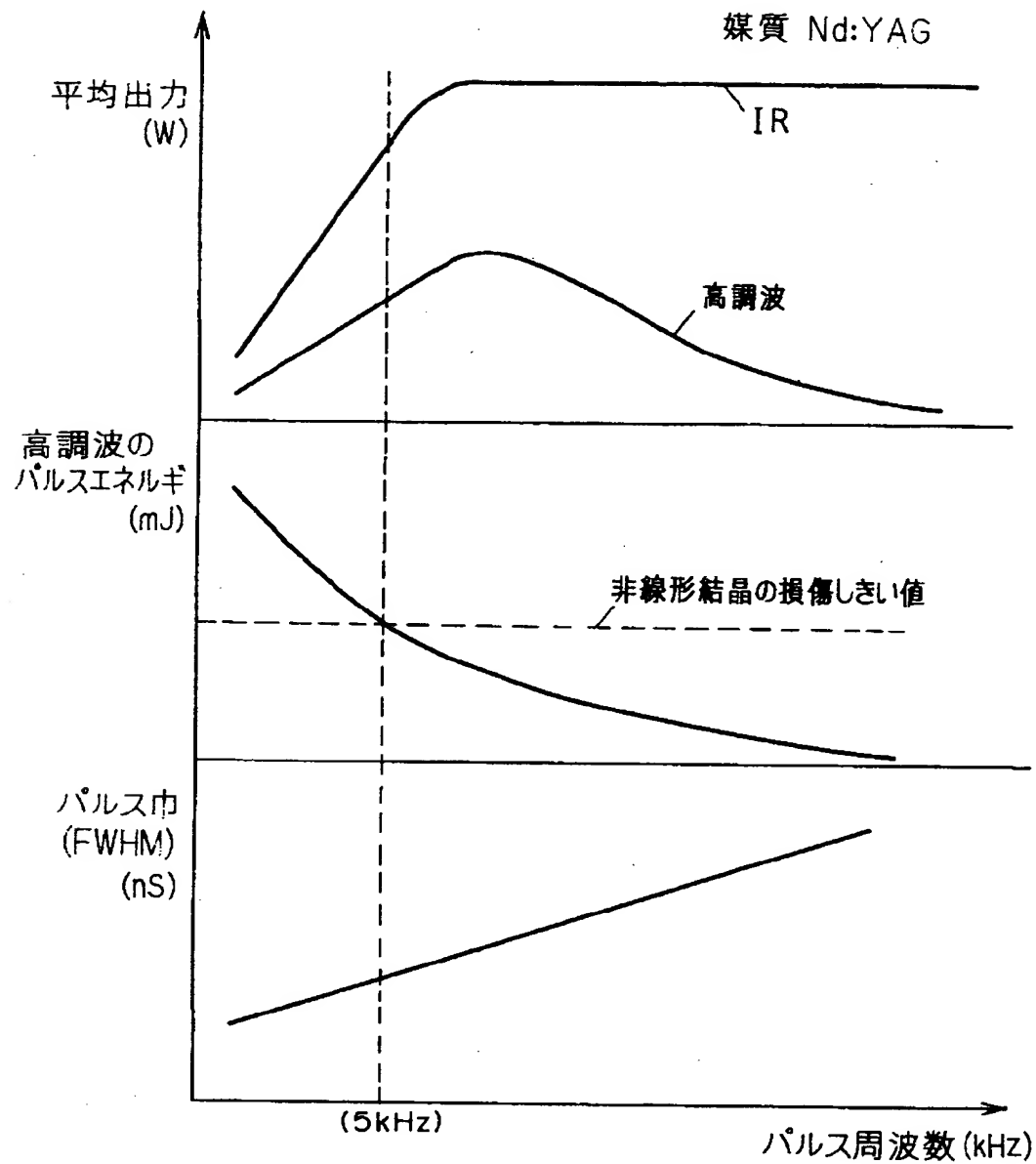
【図10】



【図11】



【図12】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 高調波Qスイッチレーザにおいて、波長変換に用いられる非線形光学結晶を保護し、安定したレーザパルスを得る。

【解決手段】 本発明は、レーザ休止時にQスイッチを高速に連続動作させ固体レーザを擬似的にCW発振させることにより、ゲインの蓄積を下げる。レーザパルスを発生させる前には所定の期間Qスイッチを停止することでレーザゲインを上昇させ、Qスイッチ動作時に1ショットだけ所定の大きさのパルスを発生させる。

非線形光学結晶における波長変換は、CW動作時はレーザ輝度が低いため波長変換されることなく、高調波のレーザ光は出力されない。一方、パルス光は非線形光学結晶で波長変換され、高調波のレーザ光が出力される。

【選択図】 図1

出 願 人 履 歷 情 報

識別番号 [000005821]

1. 変更年月日 1990年 8月28日
[変更理由] 新規登録
住 所 大阪府門真市大字門真1006番地
氏 名 松下電器産業株式会社